

**ANALISIS PENGARUH SIFAT FISIK DAN KEKUATAN MEKANIK BAHAN
RAP (*RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT*) TERHADAP NILAI KEPADATAN
DAN CBR (*CALIFORNIA BEARING RATIO*)**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan Teknik
Sipil Fakultas Teknik**

Oleh:

CHANIFAH FITRI ESKA RACHMAWATI

D 100 110 026

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2016**

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS
RAP (RECLAMED ASPHALT PAVEMENT)

**ANALISIS PENGARUH SIFAT FISIK DAN KEKUATAN MEKANIK BAHAN
RAP (RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT) TERHADAP NILAI KEPADATAN
DAN CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

CHANIFAH FITRI ESKA RACHMAWATI

D 100 110 026

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Ir. Agus Rivanto, M.T.

NIK.483

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH SIFAT FISIK DAN KEKUATAN MEKANIK BAHAN RAP (RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT) TERHADAP NILAI KEPADATAN DAN CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)

OLEH

CHANIFAH FITRI ESKA RACHMAWATI

D 100 110 026

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Jum'at, 5 Agustus 2016
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

1. **Ir. Agus Riyanto, M.T.**
(Ketua Dewan Penguji)
2. **Ir. Sri Sunarjono, M.T, Ph.D.**
(Anggota I Dewan Penguji)
3. **Ika Setyaningsih, S.T, M.T.**
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)
(.....)
(.....)

Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, M.T, Ph.D

NIK.682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah ~~dijadikan~~ untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan ~~saya juga~~ tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali ~~sedua~~ tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya ~~bertanggungjawabkan~~ bertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 5 Agustus 2016

Penulis



CHANIFAH FITRI ESKA RACHMAWATI

D 100 110 026

ANALISIS PENGARUH SIFAT FISIK DAN KEKUATAN MEKANIK BAHAN RAP (RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT) TERHADAP NILAI KEPADATAN DAN CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)

Abstrak

Saat ini RAP banyak digunakan untuk pekerjaan daur ulang yang diolah secara dingin (cold mix). Mutu propertis campuran RAP belum kompetitif jika dibandingkan dengan campuran hot mix. Kondisi ini dikarenakan bahan RAP sudah mengalami penurunan mutu bahan, perubahan bentuk agregat, agregat penyusunnya sudah mengalami penuaan. Kondisi ini mengakibatkan campuran RAP memiliki kepadatan yang rendah. Berdasarkan permasalahan tersebut maka perlu dianalisis pengaruh sifat fisik dan kekuatan mekanik terhadap nilai kepadatan dan CBR antara bahan RAP dengan fresh aggregate.

Penelitian ini menggunakan metode uji laboratorium dengan menggunakan bahan RAP asli yang belum diekstraksi serta fresh aggregate. Penelitian ini tidak menggunakan bahan tambah apapun. Adapun macam pemeriksaan pada penelitian ini sebagai berikut sifat fisik (analisa saringan, berat jenis dan penyerapan, bentuk agregat, sand equivalent, dan berat isi). Kekuatan mekanik antara lain, keausan, AIV, modified AIV, ACV, Ten Percent Fines Value (TPFV). Selain itu terdapat pemeriksaan pemadatan dan CBR. Setelah didapatkan hasil pemeriksaan dari laboratorium, data tersebut dianalisis dan dibandingkan antara RAP dan Fresh Aggregate untuk mengetahui bagaimana pengaruh sifat fisik dan kekuatan mekanik terhadap nilai kepadatan dan CBR.

Berdasarkan hasil pemeriksaan sifat fisik adanya aspal dan cluster yang menyelimuti permukaan agregat dapat mengubah distribusi agregat, mengurangi daya serap air, menghambat pergerakan agregat dalam menutup rongga udara yang ada dalam campuran. Berdasarkan hasil pemeriksaan kekuatan mekanik adanya aspal dan cluster yang menyelimuti permukaan agregat berperan positif dalam membantu bahan RAP dalam meredam beban yang diberikan yang berupa benturan, tumbukan, dan tekanan. Berdasarkan hasil analisis pengaruh sifat fisik dan kekuatan mekanik terhadap nilai kepadatan dan CBR disimpulkan bahwa sifat fisik berpengaruh langsung terhadap nilai kepadatan dan CBR. Dan dibantu dengan kekuatan mekanik dari suatu material yang bagus maka akan menghasilkan daya dukung dari suatu campuran yang baik pula. Karena daya dukung suatu material tidak bisa jika hanya mengandalkan kekuatan mekaniknya saja. Dengan kata lain sifat fisik dan kekuatan mekanik material bekerja sama untuk menciptakan nilai kepadatan dan daya dukung yang tinggi. Berdasarkan hasil analisis perbandingan kinerja (kepadatan dan CBR) disimpulkan bahwa kinerja dari bahan RAP relatif lebih rendah dibandingkan dengan kinerja dari fresh aggregate.

Kata Kunci: RAP, sifat fisik, kekuatan mekanik, pemadatan, CBR

Abstract

Now, RAP is currently used for recycling job in the cold mix processed. Quality from mix of RAP don't competitive when compared with hot mix. This condition from RAP is already degraded aggregate, changes of texture from aggregate, aged aggregate. This condition resulted mix of RAP has a low density. Based on the problem then need to

analyze the influence of the physical properties and mechanical strength against density and CBR between RAP and fresh aggregate.

This research used test laboratorium method with using RAP original and fresh aggregate. This research didn't use any added ingredients. The kind of examination in this research as physical properties (sieve analysis, specific gravity and absorpsi, shape of aggregate, sand equivalent, weight content). Mechanical strength as (Los Angeles, Aggregate Impact Value (AIV), modified AIV, Aggregate Crushing Value (ACV), Ten Percent Fines Value (TPFV). Appart of them there's a test compaction and CBR. After that the results from test in laboratory, the data to analyzed and compared between RAP and fresh aggregate for to find out how the influence of the physical properties and mechanical strength to the density and CBR.

Based on the results of the physical properties of the asphalt and cluster to wrap aggregate surface may change to the distribution of aggregate, reduces water absorption, to reduces the movement of aggregate when to fill void in mixture. Based on the results of the mechanical strength of the asphalt and cluster to wrap aggregate surface to positive role to help the RAP in reducing from load placed in the form of a clash, collision, and the pressure. Based on the results of the analysis of the influence of the physical properties and mechanical strength of the density and CBR to concluded the physical properties directly influence the density and CBR. And to assisted with the mechanical strength is good, then will to produce mix capacity a good. Because the capacity of a material can't if only rely on mechanical strength. Physical properties and mechanical strength of the material to work together to create density and high capacity. Based on the results of the comparative analysis of performance (density and CBR) concluded that the performance from RAP lower than fresh aggregate performance.

Keywords: RAP, physical properties, mechanical strength, compaction, CBR

1. PENDAHULUAN

Pekerjaan daur ulang (*recycling*) perkerasan jalan adalah suatu cara yang digunakan untuk merehabilitasi perkerasan jalan yang telah rusak ke perkerasan yang baru. Metode daur ulang ini memiliki keuntungan yaitu mengurangi penggunaan terhadap agregat baru. Sistem daur ulang ini membutuhkan limbah perkerasan jalan yang telah rusak atau sudah habis umur rencananya biasa disebut dengan *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)*. Proses daur ulang RAP ini dapat dilakukan dengan 2 metode yaitu *hot-mix* dan *cold-mix*.

Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) adalah bahan limbah perkerasan jalan. Bahan ini terdiri atas *degraded aggregate* dan *aged bitumen* yang masih mempunyai potensi untuk diolah kembali menjadi bahan perkerasan jalan dengan properties yang lebih berkualitas. Penggunaan RAP saat ini semakin menjadi kebutuhan karena desakan isu lingkungan terhadap kualitas hidup manusia dan kelangngan bumi (Widyatmoko dan Sunarjono, 2007). Tetapi RAP ini masih memiliki potensi untuk diolah kembali menjadi perkerasan yang baru dengan properties campuran yang lebih baik. Biasanya daur ulang perkerasan jalan ini dapat ditambahkan dengan bahan peremaja, bahan tambah yang bersifat menambah daya ikat antar agregatnya, maupun perekayasa kembali gradasinya. Dalam hal ini RAP yang akan digunakan sebagai bahan dasar daur ulang perkerasan jalan masih perlu diteliti lagi. Karena, mutu campuran RAP yang dihasilkan belum kompetitif jika dibandingkan dengan campuran aspal konvensional. Faktor utama yang

menyebabkannya adalah nilai kepadatannya yang relatif rendah, karena rongga udara dalam campuran *RAP* relatif tinggi. Dalam penelitian Astuti, 2015 ditemukan bahwa sifat fisik yang berupa gradasi, serta adanya bahan tambah berpengaruh terhadap nilai kepadatan dan *CBR*. Tetapi, dalam hal ini belum dibuktikan apakah memang sifat fisik dan kekuatan mekanik berpengaruh terhadap nilai kepadatan dan *CBR*.

Berdasarkan permasalahan di atas, maka perlu adanya analisis pengaruh sifat fisik dan kekuatan mekanik bahan *RAP* terhadap nilai kepadatan dan *CBR*-nya. Berdasarkan analisis perbandingan kinerja (kepadatan dan *CBR*) dari bahan *RAP* dan *fresh aggregate*. Berdasarkan hasil penelitian ini nantinya dapat disimpulkan apakah yang mempengaruhi nilai kepadatan dan *CBR*..

2. METODE

Penelitian ini menggunakan material *RAP* yang berasal dari kab. Tegal di ruas pantura. Dalam hal ini objek yang digunakan untuk benda uji yaitu bahan *RAP* asli yang masih terselimuti oleh aspal dan material *fresh aggregate*. Pada penelitian ini tidak menggunakan bahan tambah apapun. Benda uji akan diuji dalam 5 kategori pengujian yaitu uji identitas, uji sifat fisik, uji kekuatan mekanik, uji pemadatan, dan uji *CBR*. Uji identitas *RAP* meliputi asal, uji warna, kadar aspal, dan kadar air. Uji sifat fisik meliputi analisa saringan, berat jenis dan penyerapan, bentuk agregat (*flakiness* and *elongation indeks*), *sand equivalent*, dan berat isi. Uji kekuatan mekanik meliputi keausan, *Aggregate Impact Value (AIV)*, *modified AIV*, *Aggregate Crushing Value (ACV)*, *Ten Percent Fines Value (TPFV)*. Uji pemadatan untuk mengetahui nilai kepadatan maksimum dan kadar air optimum. Uji *CBR* untuk mengetahui daya dukung material. Setelah didapatkan hasil dari semua pemeriksaan dilakukan analisis dari masing-masing benda uji. Setelah itu dapat dibandingkan dari hasil pemeriksaan bahan *RAP* dan *fresh aggregate*. Kemudian dari semua analisis tersebut dapat disimpulkan pengaruh sifat fisik dan kekuatan mekanik terhadap nilai kepadatan dan *CBR*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pemeriksaan Identitas *RAP*

Secara visual warna dari bahan *RAP* yang diambil dari jalur pantura DPU kabupaten Tegal ini berwarna coklat keabu-abuan (Gambar 1). Kondisi ini memunculkan indikasi awal bahwa material penyusunnya sudah mengalami penuaan oleh adanya perubahan suhu dan iklim, terinfiltrasi oleh air, akibat beban lalu lintas kendaraan, dan terjadinya oksidasi udara. Berdasarkan hasil pemeriksaan kadar aspal didapatkan kadar aspalnya relatif rendah, dikarenakan komponen aspalnya sebagian sudah hilang akibat proses *stripping*, terjadi proses penguapan dan oksidasi, dan larut dalam air, sehingga aspal membentuk komponen baru yang keras dan getas. Untuk hasil pengujian identitas yang berupa kadar aspal dan kadar air dapat dilihat di Tabel 1 dan Gambar 1.

Tabel 1. Hasil pemeriksaan identitas bahan *RAP*

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Satuan
1.	Warna <i>RAP</i>	Coklat keabu-abuan	
2.	Kadar Aspal	4,16	%
3.	Kadar Air	1,30	%



Gambar 1. *Reclaimed Asphalt Pavement*

3.2 Pemeriksaan Karakteristik Bahan *RAP* dan *Fresh Aggregate*

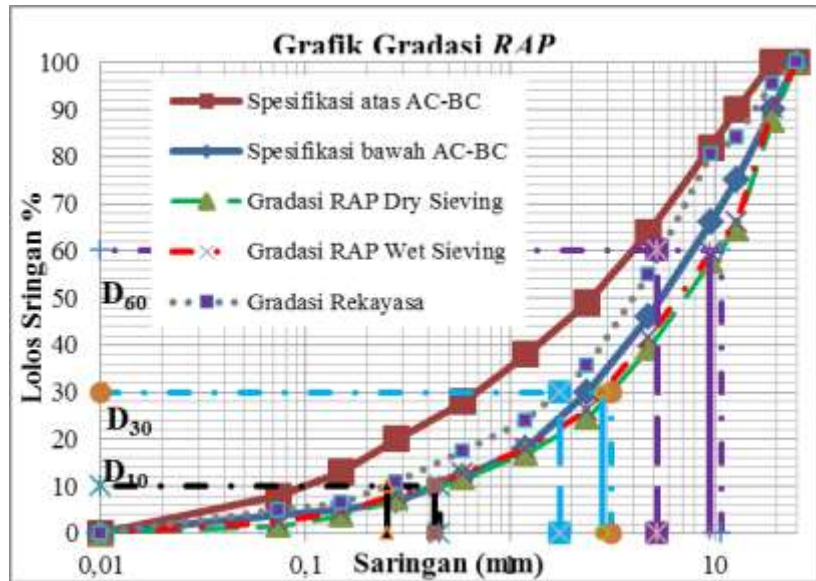
3.2.1 Pemeriksaan Sifat Fisik

3.2.1.1 Pemeriksaan analisis saringan

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui tingkat distribusi agregat dari suatu material. Sesuai dengan diskusi Sunarjono (2009), ukuran butiran *RAP* dapat dipengaruhi oleh metode analisa saringan yang digunakan. Sunarjono (2009) mendapatkan untuk objek *RAP* UK, bahwa bila menggunakan metode saringan basah (*wash sieving*) maka akan didapatkan ukuran yang lebih kecil jika dibandingkan dengan metode kering (*dry sieving*). Hal ini dikarenakan dalam keadaan kering material *RAP* yang berukuran besar ini tersusun dari cluster butiran sedang, halus, dan filler. Oleh karena itu, gradasi *RAP* dianalisis dengan 2 metode yaitu *dry sieving* dan *wash sieving*. Sedangkan pada benda uji *RAP* rekayasa dan *fresh aggregate* gradasi yang digunakan adalah gradasi rekayasa. Gradasi rekayasa adalah suatu komposisi agregat yang direkayasa distribusi butirannya memenuhi spesifikasi campuran yang digunakan. Gradasi direkayasa dengan cara langsung menentukan persen lolosnya agar gradasi yang diinginkan masuk spesifikasi campuran AC-BC. Dalam hal ini spesifikasi campuran yang digunakan adalah AC-BC. Gradasi rekayasa ini nantinya akan digunakan untuk pemeriksaan berat isi, pemadatan dan CBR. Hasil pemeriksaan gradasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pemeriksaan analisis saringan

No.	Ø ayakan (inch)	Persen lolos (%)			Batas atas (%)	Batas bawah (%)
		<i>Dry sieving</i>	<i>Wet Sieving</i>	<i>RAP rekayasa dan Fresh Aggregate</i>		
1.	1	100,00	100,00	100,00	100	100
2.	¾	87,53	90,24	95,50	90	100
3.	½	64,55	66,18	84,00	75	90
4.	3/8	57,64	59,69	80,50	66	82
5.	4	39,21	41,72	55,00	46	64
6.	8	24,39	26,07	35,50	30	49
7.	16	16,88	17,92	24,00	18	38
8.	30	11,62	12,78	17,50	12	28
9.	50	7,26	8,25	11,00	7	20
10.	100	3,66	4,53	6,50	5	13
15.	200	1,50	2,32	5,00	4	8
16.	pan	0,00	0,00	0,00	0	0



Gambar 2. Hasil analisis saringan dan rekayasa gradasi

Berdasarkan analisis dan grafik di atas menunjukkan bahwa grafik gradasi *RAP* dengan metode *dry sieving* menunjukkan gradasi yang lebih kasar bila dibandingkan dengan metode *wash sieving*, dan spesifikasi *AC-BC*. Hal ini disebabkan oleh adanya aspal dan cluster yang berukuran sedang, halus dan filler. Hal ini juga menunjukkan bahwa komponen aspal juga dominan terdistribusi pada agregat yang berukuran halus yang menjadikannya menempel satu sama lain seperti bongkahan yang seakan-akan itu sebuah agregat kasar. Sedangkan analisis gradasi *RAP* metode *wash sieving* lebih mendekati spesifikasi *AC* dikarenakan butir-butir kecil yang membentuk bongkahan sebagian sudah terlepas karena air, analisis metode *wash sieving* ini menunjukkan hasil gradasi yang lebih halus daripada metode *dry sieving*. Dari hasil gradasi *RAP* tersebut, gradasinya direkayasa memenuhi spesifikasi campuran *AC-BC*, nantinya digunakan untuk pemeriksaan yang menggunakan benda uji *RAP* rekayasa dan *fresh aggregate*. Dari grafik gradasi di atas dapat dihitung nilai *Cu* dan *Cc* sebagai berikut, cara menghitung nilai *Cu* dan *Cc* adalah *Cu* (*Coefficient of Uniformity*) = (D_{10}/D_{60}) dan *Cc* (*Coefficient of curvature*) = $((D_{30})^2)/(D_{10} \times D_{60})$. Nilai inilah yang digunakan sebagai parameter dari gradasi tersebut masuk jenis gradasi apa. Hasil lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil perhitungan nilai *Cu* dan *Cc*

No.	Uraian	<i>Cc</i> (<i>coefficient of gradation</i>)	<i>Cu</i> (<i>coefficient of uniformity</i>)
1.	<i>RAP</i> (<i>dry sieving</i>)	1,974	23,516
2.	<i>RAP</i> (<i>wet sieving</i>)	1,942	22,353
3.	Gradasi Rekayasa	2,356	20,800

Berdasarkan hasil tabel diatas dapat disimpulkan bahwa memang gradasi dari *RAP* baik gradasi *RAP* asli, *RAP* rekayasa ini masuk ke jenis gradasi baik (*dense graded*).

3.2.1.2 Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan

Berat jenis adalah perbandingan relatif antara massa jenis sebuah zat dengan massa jenis air murni. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui BJ bulk, BJ SSD, BJ Semu, BJ efektif dan nilai penyerapan. Untuk pengujian berat jenis dan penyerapan pada fraksi kasar (10-20 mm), fraksi medium (5-10 mm), fraksi halus (<5 mm). BJ *bulk* adalah berat jenis yang diperhitungkan terhadap seluruh volume pori yang ada. BJ SSD adalah berat jenis yang memperhitungkan volume pori yang

hanya dapat diresapi oleh aspal ditambah dengan volume partikel. BJ Semu adalah berat jenis yang memperhitungkan volume partikel saja tanpa memperhitungkan volume pori yang dapat dilewati air. BJ efektif adalah nilai tengah dari BJ *bulk* dan semu, terbentuk dari campuran partikel kecuali pori-pori/rongga udara yang dapat menyerap aspal, yang selanjutnya akan terus dipeeerhitungkan dalam perencanaan campuran agregat dengan aspal. Sedangkan nilai penyerapan adalah perbandingan perubahan berat agregat karena penyerapan air oleh pori-pori dengan berat agregat pada kondisi kering. Pengukuran berat jenis ini sangat diperlukan pada perencanaan campuran agregat dan aspal, karena dari pemeriksaan berat jenis kita dapat mengetahui banyaknya pori dari suatu agregat tersebut. Jika berat jenis kecil maka volumenya besar sehingga dengan berat yang sama akan membutuhkan aspal yang banyak. Pengukuran berat jenis agregat ini sering dipakai untuk mengekspresikan nilai kerapatan/density agregat, di mana nilai kerapatan agregat diperoleh dengan mengalikan nilai berat jenis agregat dengan kerapatan air pada suhu standar. Secara teori hasil berat jenis yang paling besar adalah berat jenis semu. Dan semakin besar ukuran agregat maka semakin besar pula berat jenis suatu agregat tersebut. Hal ini berbanding terbalik dengan penyerapannya semakin besar ukuran butiran agregat maka semakin kecil nilai penyerapannya. Karena jika semakin kecil agregatnya maka semakin banyak permukaan dari suatu agregat yang mampu menyerap air. Hasil pemeriksaan berat jenis dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan

Keterangan	Hasil						Satuan
	10-20 mm		5-10 mm		<5 mm		
	<i>RAP</i>	<i>F.A</i>	<i>RAP</i>	<i>F.A</i>	<i>RAP</i>	<i>F.A</i>	
Berat jenis <i>bulk</i>	2,060	2,937	2,109	2,762	1,937	2,565	
Berat jenis SSD	2,090	3,014	2,133	2,841	1,976	2,688	
Berat jenis semu	2,122	3,183	2,160	3,000	2,016	2,926	
Berat jenis efektif	2,091	3,060	2,135	2,881	1,977	2,746	
Penyerapan (<i>absorpsi</i>)	1,416	2,632	1,117	2,878	2,041	4,822	%
Spesifikasi penyerapan	Maks 3		Maks 3		Maks 5		%

Berdasarkan Tabel 4 menunjukkan bahwa hasil dari berat jenis semu dari semua material bahan *RAP* yang terbesar adalah berat jenis semu. Dari pemeriksaan ini didapatkan hasil berat jenis dan penyerapan dari *RAP* relatif rendah. Mengapa demikian? Ada indikasi bahwa adanya aspal dan *cluster-cluster* yang menyelimuti permukaan agregat ini menghambat proses penyerapan air yang sempurna dari *RAP* itu sendiri. Sedangkan semakin besar ukuran agregatnya maka semakin besar pula nilai berat jenisnya. Pada hasil Tabel 4 menunjukkan bahwa pada fresh aggregate semakin besar ukuran butirannya semakin besar berat jenisnya. Tetapi pada bahan *RAP* berat jenis ukuran butiran 10-20 mm lebih kecil daripada 5-10 mm. Mengapa demikian? Hal ini dikarenakan oleh adanya aspal dan cluster-cluter yang masih menyelimuti agregat. Kondisi ini dapat dikatakan bahwa aspal dan cluster-cluster yang menempel pada agregat ukuran 10-20 mm pada *RAP* ini jauh lebih banyak jika dibandingkan dengan butiran kecil yang menempel pada agregat ukuran 5-10 mm.

Kondisi diatas dapat dibuktikan bahwa penyerapan air dari bahan *RAP* ukuran 10-20 mm lebih besar jika dibandingkan dengan ukuran 5-10 mm. Seharusnya ukuran agregat semakin kecil maka penyerapannya semakin besar. Nilai penyerapan air ini dapat digunakan untuk memprediksi seberapa besar daya serap agregat terhadap zat cair dalam hal ini adalah aspal yang akan digunakan untuk perkerasan jalan. Daya serap *RAP* yang rendah ini dapat dijadikan petunjuk yaitu kebutuhan campuran *RAP* akan aspal baru lebih rendah jika dibandingkan dengan fresh aggregate.

Sedangkan pada pemeriksaan berat jenis dan penyerapan dari fresh aggregate didapatkan hasil yang relatif lebih tinggi dari *RAP*. Kondisi ini semakin menguatkan bahwa adanya aspal dan cluster-cluster yang menyelimuti permukaan agregat ini menghambat proses penyerapan air dari *RAP* tersebut. Semua hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan dari fresh aggregate menghasilkan nilai sesuai dari teori yang sudah ada. Semakin besar ukuran materialnya maka semakin besar pula nilai berat jenisnya, berbanding terbalik pada penyerapannya jika semakin kecil maka semakin besar nilai penyerapan.

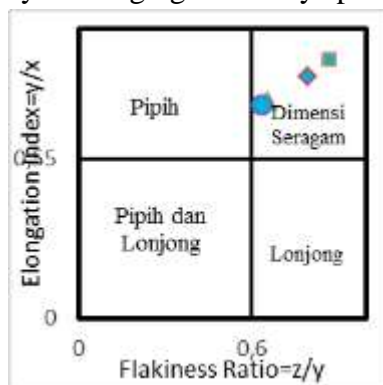
3.2.1.3 Pemeriksaan indeks kelongongan dan kepipihan

Pemeriksaan indeks kepipihan dan kelongongan bertujuan untuk menilai secara kuantitatif distribusi agregat yang berbentuk pipih (*flaky*), lonjong (*elongated*), yang dinyatakan dengan indeks kepipihan dan kelongongan. Suatu agregat dikatakan pipih, lonjong, pipih dan lonjong, atau berdimensi seragam ditentukan berdasarkan perbandingan antara diameter terpendek, terpanjang dan rata-ratanya. BSI menentukan jika perbandingan diameter terpanjang dengan diameter rata-rata kurang dari 0,55 maka bentuk agregat tersebut adalah lonjong, sedangkan jika perbandingan anantara diameter terpendek dengan diameter rata-rata kuran dari 0,6 maka bentuk agregat tersebut adalah pipih. Nilai indeks menunjukkan persentase jumlah agregat yang pipih atau lonjong dari sampel yang ada. Semakin besar nilai indeks berarti semakin banyak jumlah agregat pipih atau lonjong. Pengukuran indeks kepipihan dan kelongongan ini biasanya digunakan pada material yang diambil langsung dari alam seperti sungai, atau galian langsung dari batuan di gunung. Tidak diperuntukan bagi agregat hasil dari *Aggregate Crushing Plant (ACP)*. Karena pada umumnya agregat yang dihasilkan sudah memiliki bentuk bersudut. Hasil pemeriksaan indeks kepipihan dan kelongongan dapat dilihat pada Tabel 5.

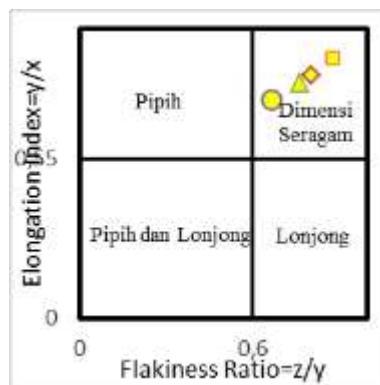
Tabel 5. Hasil pemeriksaan bentuk agregat

No.	Uraian	<i>RAP</i>	<i>RAP</i> Rek	<i>F.A</i>	Spesifikasi
1	Indeks Kepipihan (%)	18,50%	18,01%	17,89%	Maks 25%
2	Indeks Kelonjongan (%)	19,92%	18,38%	18,13%	Maks 25%

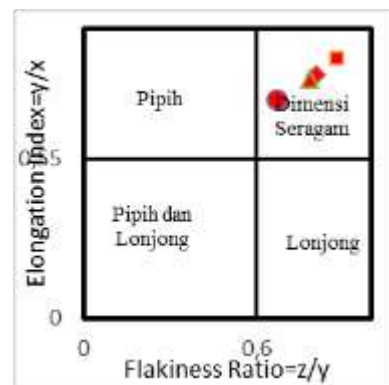
Berdasarkan Tabel 5 dapat dilihat bahwa indeks kepipihan dan kelongongan masih memenuhi spesifikasi agregat. Jadi, bahan *RAP* ini masih mempunyai bentuk agregat yang bagus. Dengan adanya rekayasa gradasi yang dilakukan dapat mengubah tingkat distribusi agregat. Dapat dilihat pada hasil indeks kepipihan dan kelongongan dari *RAP* lebih besar daripada *RAP* rekayasa dan *fresh aggregate*. Meskipun perbedaannya tidak terlalu signifikan. Dari nilai tersebut dapat dijabarkan setiap fraksinya dari agregat kasarnya pada Gambar 3.



Gb 3a. *RAP*



Gb 3b. *RAP* Rekayasa



Gb 3c. *Fresh Aggregate*

Gambar 3. Hubungan Flakiness dan Elongation Index.

Berdasarkan gambar di atas dapat disimpulkan bahwa memang bentuk agregat dari bahan *RAP*, *RAP* rekayasa, dan *fresh aggregate* ini bagus karena tergolong di dalam bentuk agregat yang berdimensi yang seragam. Dilihat dari perbandingan diameter terpanjang, terpendek, dan rata-ratanya, semua fraksi pada agregat kasar ini masih memenuhi spesifikasi agregat yang bagus.

3.2.1.4 Pemeriksaan *sand equivalent*

Pada pemeriksaan nilai setara pasir atau yang biasa disebut *sand equivalent* ini bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak kadar (lumpur, debu, dll) yang merugikan dalam material agregat halus. Hasil pemeriksaan *sand equivalent* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pemeriksaan *Sand Equivalent*

No.	Uraian	Hasil	
		<i>RAP</i>	<i>F.A</i>
1.	Rata-rata skala S.E	92,77%	93,00%
2.	Rata-rata skala lumpur	7,23%	7,00%

Berdasarkan Tabel 5 dapat dilihat nilai *S.E* dari *RAP* relatif tinggi. Hal ini menimbulkan indikasi bahwa partikel halus yang seharusnya tergolong lumpur saling menempel satu sama lain sehingga membentuk suatu partikel tersendiri. Kondisi di atas juga dibuktikan dengan hasil nilai *S.E* dari *fresh aggregate*, dimana selisih antara keduanya tidak terlalu signifikan. Hal semakin membuktikan jika hasil analisis saringan ditemukan bahwa memang gradasi dari *RAP* ini cenderung kasar.

3.2.1.5 Pemeriksaan berat isi

Pemeriksaan berat isi ini bertujuan untuk menentukan berat isi agregat halus, kasar, atau campuran dan penetapan rongga udara. Berat isi agregat adalah perbandingan berat agregat yang mengisi suatu wadah dengan volume tertentu. Berat isi memiliki istilah lain yaitu *density* atau kerapatan. Kondisi benda uji yang digunakan untuk uji berat isi harus dalam keadaan kering. Ada 3 cara untuk memasukan agregat tersebut ke dalam wadah yang pertama secara lepas, dengan digoyangkan, dan dengan ditusuk. Dengan ketiga cara ini akan memberikan hasil yang berbeda pada berat agregat yang ditampung pada wadah tersebut, sehingga menghasilkan berat isi yang berbeda pula. Secara logika agregat yang dipadatkan lebih padat ketimbang agregat yang langsung dimasukkan secara lepas ke dalam wadah. Secara umum hasil pemeriksaan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil pemeriksaan berat isi

No.	Uraian Berat Isi	<i>RAP</i>	<i>RAP</i> Rekayasa	<i>F.A</i>	Satuan
1	Secara lepas	1,418	1,520	1,880	gr/cm ³
2	Dengan tusukan	1,534	1,621	1,901	gr/cm ³
3	Dengan guncangan	1,568	1,693	1,916	gr/cm ³

Berdasarkan Tabel 7 diketahui nilai berat isi yang paling tinggi pada berat isi *RAP* yang dipadatkan dengan goyangan. Karena dengan cara ini agregat lebih terorientasi secara merata ketimbang dengan cara tusukan. Didapatkan berat isi dari bahan *RAP* relatif rendah. Dikarenakan adanya aspal dan *cluster-cluster* yang menyelimuti permukaan agregat ini membuat pergerakan agregat saat dipadatkan dari bahan *RAP* ini menjadi terhambat. Selain itu, distribusi agregat dari *RAP* tersebut tidak merata.

Hal ini berbeda dengan *RAP* yang telah direkayasa gradasinya terlebih dahulu, nilai berat isinya lebih baik daripada *RAP* asli. Dikarenakan oleh adanya perubahan tingkat distribusi agregat

dari campuran *RAP* yang telah direkayasa. Namun tetap ada indikasi jika adanya aspal dan cluster-cluster yang menyelimuti permukaan agregat ini membuat pergerakan agregat saat dipadatkan dari bahan *RAP* ini menjadi terhambat.

Kondisi di atas terbukti dengan nilai berat isi dari *fresh aggregate*, dimana nilai berat isinya lebih tinggi daripada *RAP* dan *RAP* rekayasa. Padahal gradasi yang digunakan antara *RAP* rekayasa dan *fresh aggregate* adalah gradasi yang sama. Hal ini semakin menguatkan adanya aspal dan cluster-cluster yang menyelimuti permukaan agregat ini membuat pergerakan agregat saat dipadatkan ini menjadi terhambat.

3.2.2 Pemeriksaan Kekuatan Mekanik

3.2.2.1 Pemeriksaan keausan

Kausan bahan *RAP* ini dapat diselidiki dengan menggunakan *Los Angeles Machine*. Pada penelitian ini bahan yang diuji untuk keausan adalah bahan *RAP* dan juga agregat *RAP*. Metode yang digunakan untuk uji keausan ini menggunakan metode B dimana separuh bagian (2500 gram) menggunakan bahan lolos saringan $\frac{3}{4}$ " (19,1 mm) dan tertahan saringan $\frac{1}{2}$ " (12,7 mm), dan separuh bagian (2500 gram) menggunakan bahan lolos saringan $\frac{1}{2}$ " (12,7 mm) dan tertahan saringan $\frac{3}{8}$ " (9,5 mm). Hasil pemeriksaan keausan dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil pemeriksaan keausan

No	Uraian	<i>RAP</i>	<i>F.A</i>	Satuan
1	Kausan	26,46	24,46	%
2	Spesifikasi	Maks 30	Maks 30	%

Berdasarkan Tabel 8 hasil keausan bahan *RAP* masih memenuhi spesifikasi yaitu maksimal 30%. Kemungkinan hal ini disebabkan oleh adanya aspal dan *cluster-cluster* yang menyelimuti permukaan agregat sehingga membantu agregat dalam menahan beban benturan yang diberikan. Jadi dapat dikatakan persentase keausan tersebut dihasilkan karena hancurnya partikel kecil yang menyelimuti permukaan agregat tersebut. Jadi dapat disimpulkan bahwa aspal dan *cluster-cluster* yang menyelimuti agregat ini membantu agregat dalam meredam benturan yang dihasilkan oleh bola baja.

Kondisi di atas dibuktikan dengan hasil pemeriksaan keausan dari *fresh aggregate*, dimana nilai yang dihasilkan lebih tinggi *RAP*. Tetapi selisih yang dihasilkan tidak terlalu signifikan. Hal ini semakin menguatkan bahwa memang adanya aspal dan cluster-cluster yang menyelimuti agregat ini membantu agregat dalam meredam benturan yang dihasilkan oleh bola baja.

3.2.2.2 Pemeriksaan *AIV* (*Aggregate Impact Value*) dan *Modified AIV*

Pemeriksaan *AIV* dan *modified AIV* ini bertujuan untuk mengukur kekuatan bahan *RAP* terhadap beban tumbukan sebagai salah satu simulasi terhadap kemampuan terhadap *rapid load*. Nilai *AIV* adalah perbandingan agregat yang hancur terhadap total berat sampel. Agregat yang hancur ditandai dengan agregat yang lolos saringan no.8 (2,36 mm). Perbedaan pemeriksaan *AIV* dengan *modified AIV* adalah sampel yang digunakan jika pada *AIV* dalam keadaan kering udara, sedangkan sampel yang digunakan pada *modified AIV* adalah sampel dalam keadaan jenuh artinya sampel direndam dalam air selama 24 jam terlebih dahulu. Hasil pemeriksaan *AIV* dan *modified AIV* dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil pemeriksaan *AIV* dan *Modified AIV*

No.	Uraian	<i>RAP</i>	<i>F.A</i>	Spesifikasi	Satuan
1.	Nilai <i>AIV</i>	7,36	6,20	Maks 30	%
2.	Nilai <i>Modified AIV</i>	15,86	7,44	Maks 30	%

Berdasarkan Tabel 9 nilai *AIV* dari bahan *RAP* masih memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Ada indikasi hal ini disebabkan oleh adanya aspal dan *cluster-cluster* yang menyelimuti permukaan agregat sehingga membantu agregat dalam menahan beban tumbukan yang diberikan. Jadi dapat dikatakan persentase kehancuran tersebut dihasilkan karena hancurnya partikel kecil yang menyelimuti permukaan agregat tersebut. Bukan karena agregatnya yang hancur akibat beban tumbukan alat *AIV*.

Pada pemeriksaan *modified AIV RAP* didapatkan nilai kehancuran akibat beban tumbukan dari *modified AIV* lebih besar, hal ini disebabkan oleh adanya perendaman *RAP* terlebih dahulu sebelum diuji dengan alat *AIV*. Sehingga dengan adanya air yang meresap ke dalam bahan *RAP* maka secara otomatis akan mengurangi perkuatan daya ikat antara aspal dan *cluster-cluster* yang menyelimuti permukaan agregat. Sehingga ketika ditumbuk dengan alat *AIV* *cluster-cluster* inilah yang akan terlepas dan hancur. Hal ini juga dapat dibuktikan pada gradasi *RAP* dengan metode wet sieving yang membantu proses pelepasan *cluster-cluster* yang menempel pada agregat kasar.

Sedangkan hasil pemeriksaan *AIV* pada *fresh aggregate* lebih bagus daripada *RAP*. Meskipun perbedaannya tidak terlalu signifikan. Kondisi ini semakin menguatkan bahwa memang adanya aspal dan *cluster-cluster* yang menyelimuti agregat ini membantu agregat dalam meredam tumbukan yang dihasilkan oleh alat *AIV*.

Ketika *fresh aggregate* ini direndam untuk pemeriksaan *modified AIV* didapatkan selisih hasil yang signifikan jika dibandingkan dengan hasil *modified AIV* bahan *RAP*. Hal ini disebabkan pada bahan *RAP* material yang hancur adalah *cluster-cluster* yang menyelimuti permukaan agregat. Dikarenakan adanya air yang meresap pada material mengurangi perkuatan daya ikat antara aspal dan *cluster* tersebut dengan agregat aslinya. Kondisi ini semakin menguatkan jika adanya aspal dan *cluster-cluster* yang menyelimuti agregat ini membantu agregat dalam meredam tumbukan yang dihasilkan oleh alat *AIV*.

3.2.2.3 Pemeriksaan ACV (*Aggregate Crushing Value*)

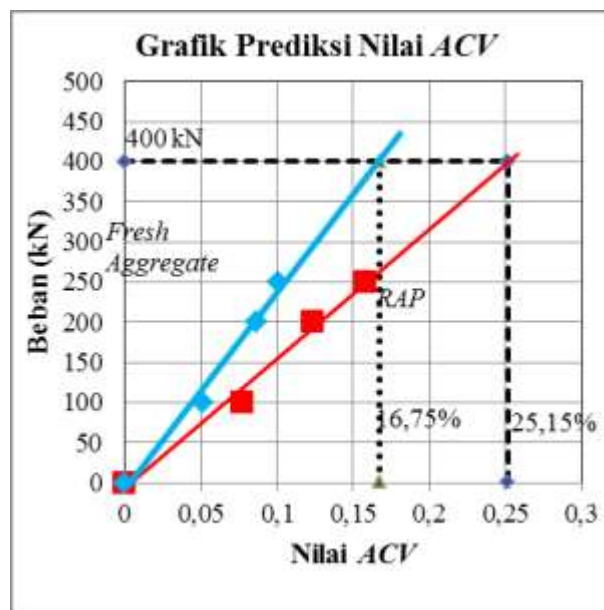
Pemeriksaan ACV ini bertujuan untuk mengukur kekuatan bahan *RAP* terhadap beban tekan. Nilai *AIV* adalah perbandingan agregat yang hancur terhadap total berat sampel. Agregat yang hancur ditandai dengan agregat yang lolos saringan no.8 (2,36 mm). Dalam prosedur beban maksimal yang disyaratkan adalah 40 ton yang ditekan selama 10 menit. Dikarenakan keterbatasan alat, maka beban maksimal yang digunakan adalah hanya sebesar 25 ton saja. Tetapi waktu yang digunakan tetap yaitu 10 menit. Sehingga nantinya dapat dihitung prediksi kehancuran pada beban 40 ton dengan menggunakan minimal 3 data pemeriksaan sebelumnya. Hasil pemeriksaan ACV dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil pemeriksaan ACV

No.	Uraian Beban (kN) Nilai ACV	Hasil		Satuan
		RAP	F.A	
1.	100	7,69	5,11	%
2.	200	12,39	8,63	%
3.	250	15,78	10,10	%
4.	Spesifikasi	Maks 30		%

Berdasarkan Tabel 10 hasil ACV bahan RAP dengan beban maksimal 25 ton masih memenuhi spesifikasi yaitu maksimal 30%. Kemungkinan hal ini disebabkan oleh adanya aspal dan *cluster-cluster* yang menyelimuti permukaan agregat sehingga membantu agregat dalam menahan beban benturan yang diberikan. Jadi dapat dikatakan persentase kehancuran tersebut dihasilkan karena hancurnya partikel kecil yang menyelimuti permukaan agregat tersebut, bukan karena memang agregat aslinya yang mengalami kehancuran.

Sedangkan nilai kehancuran akibat beban tekan dari *fresh aggregate* relatif lebih sedikit daripada RAP. Hal ini semakin membuktikan bahwa adanya aspal dan *cluster-cluster* yang menyelimuti permukaan agregat sehingga membantu agregat dalam menahan beban benturan yang diberikan. Setelah didapatkan 3 data sebelumnya dapat diprediksi nilai ACV pada beban 40 ton. Hasil prediksi nilai ACV pada beban 40 ton dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik prediksi nilai ACV.

Berdasarkan hasil prediksi menggunakan pendekatan grafik dihasilkan nilai ACV RAP pada beban 40 ton sebesar 25,15%. Nilai ini menunjukkan nilai kehancuran yang lebih tinggi daripada *fresh aggregate*, masih memenuhi spesifikasi yang disyaratkan yaitu maksimal 30%. Hal ini semakin membuktikan bahwa adanya aspal dan *cluster-cluster* yang menyelimuti permukaan agregat ini membantu agregat dalam meredam beban tekan yang diberikan.

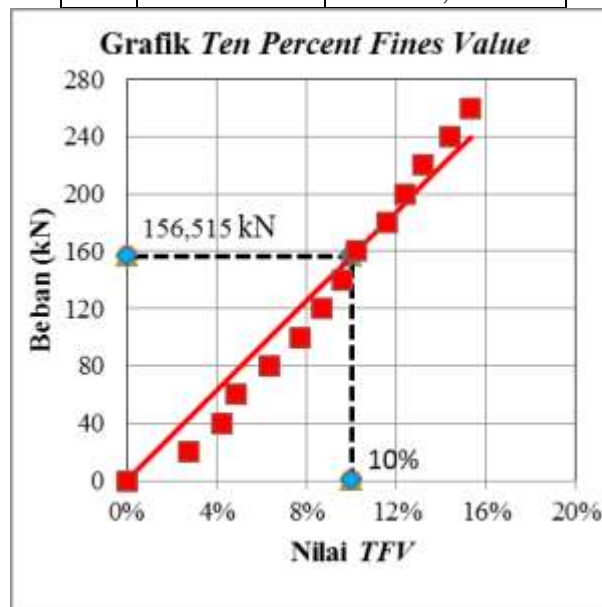
3.2.2.4 Pemeriksaan Ten Percent Fines Value (TPFV)

Pemeriksaan ini merupakan modifikasi dari pemeriksaan ACV. Jika pada ACV dicari nilai kehancurannya dengan cara menekan benda uji dengan beban maksimal selama 10 menit. Sedangkan pada pemeriksaan ini bertujuan untuk mencari pada beban berapakah jika nilai kehancurannya

sebesar 10%. Agregat yang dikatakan hancur adalah agregat yang lolos saringan no.8 (2,36 mm) setelah ditekan. Spesifikasi yang disyaratkan adalah minimal 100 kN. Secara umum dapat dilihat pada Tabel 11 dan Gambar 7.

Tabel 11. Hasil pemeriksaan *Ten Percent Fines Value*

No.	Beban (kN)	Nilai <i>TPFV</i> (%)
1.	20	2,73
2.	40	4,23
3.	60	4,85
4.	80	6,34
5.	100	7,69
6.	120	8,66
7.	140	9,62
8.	160	10,21
9.	180	11,61
10.	200	12,39
11.	220	13,18
12.	240	14,37
13.	260	15,33



Gambar 7. Hubungan nilai *TPFV* dan beban yang diberikan

Berdasarkan hasil di atas dapat disimpulkan bahwa nilai *TPFV* dari *RAP* masih memenuhi spesifikasi. Hal ini semakin menguatkan adanya indikasi awal bahwa dengan adanya aspal dan *cluster-cluster* yang menyelimuti permukaan agregat tersebut berperan positif sebagai pembantu dari agregat dalam meredam beban tekan yang diberikan.

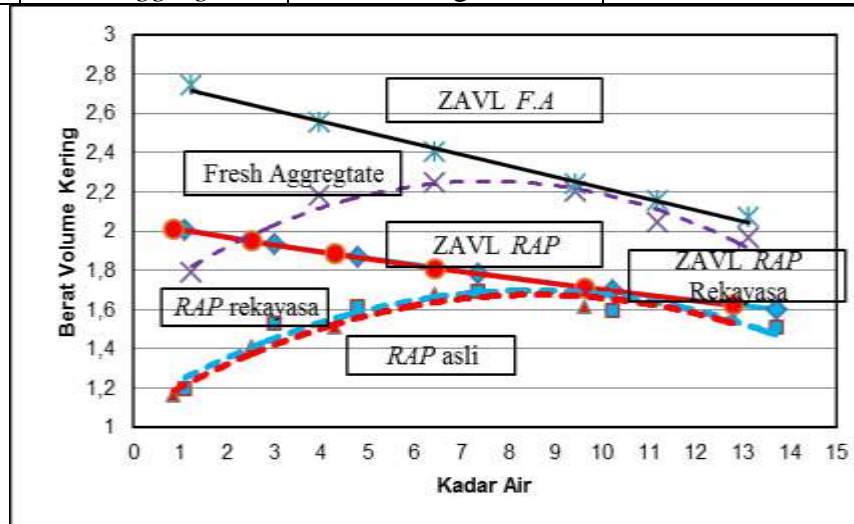
3.2.3 Pemeriksaan pemadatan

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik kepadatan termasuk menentukan kepadatan nilai maksimum dan kadar air optimum dari suatu campuran. Pemeriksaan ini menggunakan metode *modified proctor*. Dalam hal ini diambil 3 macam benda uji yaitu *RAP* asli, *RAP* rekayasa, dan *fresh aggregate*. Dimana gradasi yang digunakan adalah hasil analisa saringan dari pemeriksaan sifat fisik. Pada *RAP* asli digunakan gradasi *RAP wet sieving*, sedangkan *RAP*

rekayasa dan *fresh aggregate* menggunakan gradasi rekayasa. Hasil pemeriksaan pemadatan dapat dilihat pada Tabel 12 dan Gambar 8.

Tabel 12. Hasil pemeriksaan pemadatan

No.	Jenis Bahan	Kepadatan Maksimum	Kadar Air Optimum
1.	<i>RAP asli</i>	1,677 gr/cm ³	8,2%
2.	<i>RAP rekayasa</i>	1,701 gr/cm ³	8,1%
3.	<i>Fresh Aggregate</i>	2,261 gr/cm ³	7,1%



Gambar 8. Hubungan variasi kadar air dan berat volume kering

Pada pemeriksaan ini ditemukan bahwa nilai kepadatan maksimum *RAP* asli relatif rendah jika dibandingkan dengan *RAP* rekayasa. Hal ini dikarenakan adanya aspal dan *cluster-cluster* yang menyelimuti permukaan agregat yang menghambat pergerakan agregat untuk menutup rongga udara yang ada dalam campuran dan mengurangi daya serap air. Terbukti kadar air optimum dari *RAP* asli cenderung lebih besar daripada *RAP* rekayasa. Oleh karena itu rongga yang ada dalam campuran *RAP* ini relatif tinggi. Kondisi ini disebabkan oleh karena adanya air yang menjauhkan agregat, sehingga agregat tersebut kehilangan daya interlockingnya. Selain itu dengan adanya rekayasa gradasi *RAP* dapat memperbaiki tingkat distribusi agregatnya dan keseragaman butiran dari gradasi tersebut. Sehingga rongga udara dalam campuran berkurang. Dapat dilihat juga pada pemeriksaan berat isi diketahui bahwa memang berat isi dari *RAP* rekayasa lebih tinggi jika dibandingkan dengan *RAP* asli.

Sedangkan pada hasil pemeriksaan pemadatan *fresh aggregate* didapatkan nilai kepadatan maksimum lebih tinggi daripada dua benda uji sebelumnya. Padahal diketahui gradasi yang digunakan sama dengan *RAP* rekayasa. Hal ini disebabkan oleh berkurang kadar air optimum, dapat dikatakan jika memang *fresh aggregate* lebih dapat menyerap banyak air sehingga air tidak berada di luar agregat yang dapat mengurangi daya *interlocking* antar agregat tadi. Jadi dapat disimpulkan bahwa memang sifat fisik material ini berpengaruh terhadap nilai kepadatan. Terlihat dari berat jenis campurannya, gradasi, dan berat isi yang dihasilkan.

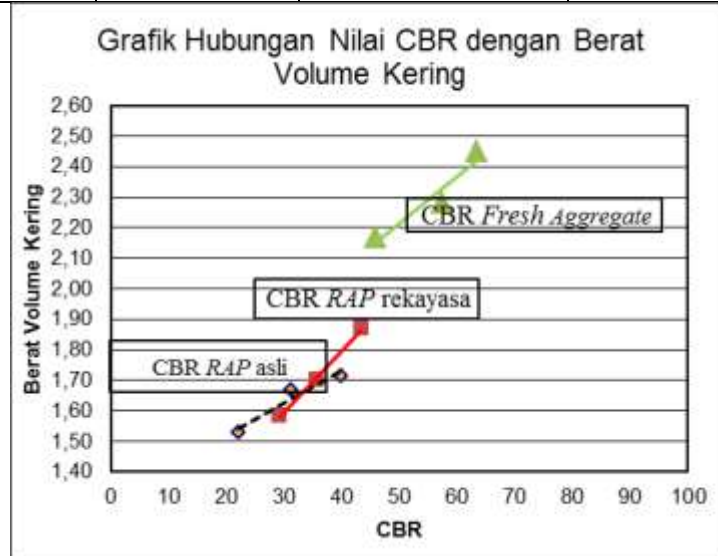
3.2.4 Pemeriksaan CBR

Pemeriksaan ini menggunakan mesin *CBR* yang bertujuan untuk mengetahui daya dukung dari suatu material. Dalam hal ini digunakan 3 macam benda uji yaitu *RAP*, *RAP* rekayasa, dan *fresh aggregate*. Dimana gradasi yang digunakan adalah hasil analisa saringan pada pemeriksaan sifat

fisik. Penelitian ini menggunakan metode *CBR unsoaked*. Hasil pemeriksaan *CBR* dapat dilihat pada Tabel 13 dan Gambar 9.

Tabel 13. Hasil pemeriksaan nilai *CBR Unsoaked*

Jumlah pukulan	<i>CBR Unsoaked</i>		
	<i>RAP</i>	<i>RAP</i> Rekayasa	<i>Fresh Aggregate</i>
10	22,22	29,33	45,78
35	31,33	35,78	57,33
60	39,78	43,33	63,33



Gambar 9. Hubungan variasi nilai *CBR* dan berat volume kering

Berdasarkan pemeriksaan *CBR* diketahui semakin naik nilai kepadatan maksimumnya maka semakin naik pula nilai *CBR* yang dihasilkan. Pada dasarnya nilai *CBR* berkaitan dengan nilai kepadatan, jika nilai kepadatan maksimum tinggi maka nilai *CBR* yang dihasilkan juga tinggi. Ini dibuktikan pada hasil pemeriksaan *CBR RAP* rekayasa yang lebih tinggi nilainya daripada *CBR RAP* asli.

Sedangkan pada pemeriksaan *CBR fresh aggregate* didapatkan hasil yang lebih tinggi daripada 2 benda uji sebelumnya. Hal ini disebabkan nilai kepadatan maksimum dari *fresh aggregate* memang lebih bagus daripada 2 benda uji yang lainnya. Dilihat dari sifat fisik dan kekuatan mekanik memang nilai yang dihasilkan *fresh aggregate* ini lebih bagus dibandingkan dengan *RAP*. Jadi, secara otomatis sifat fisik dari suatu material ini juga berpengaruh terhadap nilai *CBR*-nya. Dan dibantu dengan kekuatan mekanik dari material tersebut dapat menciptakan kekuatan dari suatu campuran. Dari hasil di atas nantinya dapat diketahui daya dukung yang dihasilkan oleh campuran tersebut. Hasil perhitungan nilai daya dukung dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Hasil nilai daya dukung

Keterangan	Nilai <i>CBR Unsoaked</i> 100% δ_d maksimum	Nilai <i>CBR Unsoaked</i> 95% δ_d maksimum	Satuan
<i>RAP</i> asli	34,4	26,5	%
<i>RAP</i> rekayasa	35,8	31	%
<i>Fresh Aggregate</i>	52,2	45,7	%

Berdasarkan hasil pada tabel di atas didapatkan nilai daya dukung *RAP* yang telah direkayasa gradasinya memiliki nilai yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan *RAP* asli. Hal ini dikarenakan

oleh adanya perekayasa ulang gradasi yang digunakan, sehingga susunan agregat dari yang besar sampai paling kecil ini lebih seragam.

Tetapi dapat dilihat dengan gradasi yang sama untuk *fresh aggregate* tetapi nilai daya dukung yang dihasilkan relatif lebih tinggi daripada bahan *RAP* asli maupun *RAP* rekayasa. Mengapa demikian? Berdasarkan hasil pemeriksaan sifat fisik dan kekuatan mekanik menunjukkan bahwa *fresh aggregate* ini memang memiliki nilai yang lebih bagus daripada bahan *RAP*. Maka dapat disimpulkan bahwa nilai daya dukung dipengaruhi sifat fisik dan kekuatan mekanik dari suatu material.

3.3 Analisis Pengaruh Sifat Fisik dan Kekuatan Mekanik Terhadap Nilai Kepadatan dan CBR

3.3.1 Bahan RAP

Berdasarkan pemeriksaan sifat fisik ini dapat disimpulkan dengan adanya aspal dan *cluster-cluster* yang menempel pada permukaan agregat ini menghambat pergerakan, mengubah distribusi dan bentuk dari agregat. Berdasarkan pemeriksaan sifat fisik dapat disimpulkan bahwa sifat fisik mempunyai pengaruh langsung terhadap nilai kepadatan dan *CBR*. Jika nilai kepadatan maksimumnya meningkat secara otomatis nilai dari *CBR*-nya meningkat. Sifat fisik yang sangat berpengaruh pada kepadatan adalah gradasi, bentuk agregat, dan berat isi. Hal ini dibuktikan dengan perbedaan gradasi antara *RAP* asli dan *RAP* rekayasa dapat meningkatkan nilai kepadatan maksimumnya dan mengurangi kadar air optimumnya, serta meningkatkan nilai daya dukungnya. Dengan adanya perekayasa ulang gradasi *RAP* ini juga berpengaruh terhadap bentuk agregatnya dan berat isinya. Dalam hal ini bentuk agregat dari *RAP* rekayasa lebih bagus keseragaman butirannya sehingga menghasilkan berat isi yang lebih bagus.

Sedangkan berdasarkan pemeriksaan kekuatan mekanik bahan *RAP* masih mempunyai kekuatan yang bagus dalam menahan beban yang diberikan. Kondisi ini memunculkan indikasi bahwa dengan adanya aspal dan *cluster-cluster* yang menyelimuti permukaan agregat ini mampu menjadi peredam beban yang berupa benturan, tumbukan, dan tekanan. Jadi dapat disimpulkan bahwa daya dukung yang diciptakan dari bahan *RAP* ini tercipta oleh adanya peran aspal dan *cluster-cluster* yang menyelimuti permukaan agregat.

Jadi, dapat disimpulkan bahwa hal yang berpengaruh langsung terhadap nilai kepadatan dan *CBR* adalah sifat fisik dari suatu material. Dan daya dukung dari suatu material dipengaruhi oleh kekuatan mekanik material tersebut. Dengan kata lain nilai kepadatan dan daya dukung material tidak bisa jika hanya mengandalkan kekuatan mekaniknya saja, tetapi harus dari sifat fisik material yang memenuhi spesifikasi.

3.3.2 Fresh Aggregate

Berdasarkan pemeriksaan sifat fisik dan kekuatan mekanik dari *fresh aggregate* dihasilkan nilai yang bagus. Oleh karena itu, nilai kepadatan dan *CBR* dari *fresh aggregate* juga relatif tinggi. Tetapi dengan hasil pemeriksaan tentang sifat fisik dan kekuatan mekanik dari bahan *fresh aggregate* ini belum bisa sepenuhnya bisa disimpulkan jika yang mempengaruhi nilai kepadatan maksimum dan *CBR* adalah sifat fisik dan kekuatan mekanik.

3.4 Analisis Perbandingan Kinerja antara RAP dan Fresh Aggregate

Setelah didapatkan semua hasil pemeriksaan karakteristik (sifat fisik dan kekuatan mekanik) dari bahan *RAP* dan *fresh aggregate*, dapat disimpulkan kinerja dari bahan *RAP* masih di bawah *fresh*

aggregate. Dalam hal ini tingkat kepadatan dari *RAP* relatif lebih rendah daripada *fresh aggregate*. Hal ini disebabkan oleh masih adanya rongga di dalam campuran *RAP* yang mengakibatkan daya interlocking antar agregatnya berkurang. Hal ini disebabkan oleh adanya aspal dan *cluster* yang menyelimuti permukaan agregat yang justru menghambat proses penyerapan air, mengubah bentuk agregat, dan distribusi dari agregat. Terbukti dengan adanya rekayasa ulang gradasi dari *RAP* dapat meningkatkan nilai kepadatan maksimum dari bahan *RAP* meskipun belum bisa menyamai nilai kepadatan maksimum benda uji *fresh aggregate*. Dan nilai *CBR* sangat berpengaruh pada nilai kepadatan maksimum, semakin bagus kepadatannya maka semakin bagus juga nilai *CBR*-nya. Jadi dapat disimpulkan memang sifat fisik ini mempengaruhi nilai kepadatan dan nilai *CBR*.

Berdasarkan pemeriksaan kekuatan mekanik dari kedua bahan didapat kesimpulan bahwa kekuatan mekanik dari suatu material juga berperan dalam menciptakan daya dukung dari suatu campuran. Dari hasil pemeriksaan kekuatan mekanik didapatkan nilai kekuatan mekanik dari *RAP* memang cenderung lebih rendah daripada *fresh aggregate*. Hal ini juga berlaku pada nilai kepadatan maksimum dan *CBR*-nya. Tetapi daya dukung campuran tidak bisa jika hanya mengandalkan kekuatan mekanik dari material tersebut.

Jadi dapat disimpulkan bahwa memang sifat fisik yang berpengaruh langsung terhadap nilai kepadatan dan *CBR* dari suatu campuran. Dengan ditambah dari kekuatan mekanik suatu material yang bagus akan menciptakan daya dukung dari material tersebut juga lebih bagus.

4. PENUTUP

- 4.1 Berdasarkan pemeriksaan identitas *RAP* yang berasal dari Dpu Kabupaten Tegal ini mempunyai warna coklat keabu-abuan. Dengan kadar aspal 4,16% dan kadar air 1,30%.
- 4.2 Berdasarkan hasil pemeriksaan sifat fisik adanya aspal dan *cluster* yang menyelimuti permukaan agregat dapat mengubah distribusi agregat, keseragaman agregat dalam campuran, mengurangi daya serap air, menghambat pergerakan agregat dalam menutup rongga udara yang ada dalam campuran.
Berdasarkan hasil pemeriksaan kekuatan mekanik adanya aspal dan *cluster* yang menyelimuti permukaan agregat ini justru berperan positif yaitu membantu bahan *RAP* dalam meredam beban yang diberikan yang berupa benturan, tumbukan, dan tekanan.
- 4.3 Berdasarkan hasil analisis pengaruh sifat fisik dan kekuatan mekanik terhadap nilai kepadatan dan *CBR*. Dapat disimpulkan bahwa sifat fisik yang berpengaruh langsung terhadap nilai kepadatan dan *CBR*. Dan dibantu dengan kekuatan mekanik dari suatu material yang bagus maka akan menghasilkan daya dukung dari suatu campuran yang baik pula. Karena daya dukung suatu material tidak bisa jika hanya mengandalkan kekuatan mekaniknya saja. Dengan kata lain sifat fisik dan kekuatan mekanik material bekerja sama untuk menciptakan nilai kepadatan dan daya dukung yang tinggi.
- 4.4 Berdasarkan analisis perbandingan nilai kinerja (nilai kepadatan dan *CBR*) *RAP* memang lebih rendah jika dibandingkan dengan *fresh aggregate*. Hal ini dikarenakan rongga udara yang terdapat dalam campuran *RAP* relatif lebih banyak jika dibandingkan dengan *fresh aggregate*.

PERSANTUNAN

Peneliti bersyukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkah dan kasih sayangNya sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan lancar. Dalam kesempatan ini peneliti mengucapkan terima kasih kepada :

1. DITLITABMAS KEMENRISTEKDIKTI yang sudah memberikan dukungan dana.
2. LPPM UMS yang sudah memberikan fasilitas sehingga penelitian ini dapat memberikan hasil pengembangan ilmu pengetahuan dibidang bahan jalan.
3. Bapak Ir. Agus Riyanto, M.T sebagai pembimbing utama yang telah membimbing, memberikan arahan positif yang bermanfaat bagi penyusun.
4. Bp. Ir. Sri Sunarjono, M.T, Ph.D sebagai pembimbing pendamping yang telah membimbing, memberikan arahan positif yang bermanfaat bagi penyusun.
5. Ibu. Ika Setiyaningsih, S.T, M.T sebagai penguji yang telah memberikan kritik, saran, dan arahan yang bermanfaat bagi penyusun.
6. Bapak Agus Susanto, S.T, M.T sebagai pembimbing akademik yang telah memberikan dorongan, arahan selama perkuliahan serta bimbingan yang bermanfaat dalam kelancaran proses penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Jajaran staf Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah membantu bagi kelancaran Tugas Akhir ini.
8. Papa Kun, Mama Ning, Adik Upiq dan Keluarga tercinta yang selalu memberikan do'a dan dorongan baik material maupun spiritual.
9. Deny Widya Kartika yang telah mendo'akan, mendukung, serta memberikan semangat demi kelancaran Tugas Akhir ini meskipun terkadang saya suka marah-marah.
10. Teman-teman angkatan 2011 yang sudah membantu mulai dari penelitian di laboratorium sampai selesai, menemani semasa perkuliahan berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2001. *Modul Praktikum (Program Pelatihan Teknisi)*. Laboratorium Jalan Raya. Jurusan Teknik Sipil. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Aminsyah, M. Februari 2010. *Pengaruh Kepipihan Dan Kelonjongan Agregat Terhadap Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Jurnal Rekayasa Sipil. Volume 6, No.1. Universitas Andalas.
- Aminsyah, M. Oktober 2013. *Analisa Kehancuran Agregat Akibat Tumbukan Dalam Campuran Aspal*. Jurnal Rekayasa Sipil. Volume 19, No.2. Universitas Andalas.
- Ariawan, I.M.A, 2011. *Variasi Agregat Pipih Sebagai Agregat Kasar Terhadap Karakteristik Lapisan Aspal Beton (Laston)*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil:Volume 15, No 1. Universitas Udayana. Bali.
- Astuti, W.W, 2015. *Analisis Pengaruh Bahan Tambah Kapur Terhadap Karakteristik RAP (Reclaimed Asphalt Pavement)*. Tugas Akhir. UMS. Surakarta.
- Girry, D.K, 2010. *Karakteristik Daya Dukung Material RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) Sebagai Bahan Daur Ulang Perkerasan Jalan*. Tugas Akhir. UMS. Surakarta
- Hakim, L, 2010. *Pengaruh Penambahan Semen Terhadap Karakteristik Kepadatan dan CBR Campuran RAP (Reclaimed Asphalt Pavement)*. Tugas Akhir. UMS. Surakarta
- Hasan. A, Sumiati, 2012. *Variasi Agregat Pipih Terhadap Karakteristik Aspal Beton (AC-BC)*. Jurnal Teknik Sipil:Volume 7. Pilar.

- Hardiyatmo, H.C. 2012. *Mekanika Tanah I*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Idham, M.K, Hainin, M.R. 2015. *The Effect Of Incorporating Reclaimed Asphalt Pavement on The Performance Of Hot Mix Asphalt Mixtures*. 77:32. 117-123. Department of Geotechnics and Transportation. Universiti Teknologi Malaysia. Johor. Malaysia.
- Kementerian Pekerjaan Umum, 2010. Spesifikasi Umum 2010. Direktorat Jenderal Bina Marga Revisi 3. Jakarta.
- Setiawan. H, Pradani. N, 2011. *Analisis Sifat Fisik Material Perkerasan Jalan Hasil Daur Ulang*. Jurusan Teknik Sipil Universitas Tadulako. Palu.
- Sukirman, S. 1993. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Penerbit Nova. Bandung.
- Sunarjono, S. 2009. *Investigating Rutting Performance Of Foamed Cold-Mix Asphalt Under Simulated Trafficking*. *Dinamika Teknik Sipil*. Volume 9 No.2, Juli 2009. Department of Civil Engineering. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Tambake, S.O, Kumar, D.N, R, Manjunath.K. Juni 2014. *Laboratory Investigation On Hot Mix Asphalt Using Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) For Bituminous Concrete Mix*. Volume 03, No.6. Department of Civil Engineering. Dayananda Sagar College of Engineering Bangalore. India.
- Widyatmoko, I. Dan Sunarjono, S, 2007. *Some Considerations to Implement Foamed Bitumen Technology for Road Construction in Indonesia. The 1st International Conference of European Asian Civil Engineering Forum (EACEF)* at Universitas Pelita Harapan. 26-27 September 2007.